2003년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2003.7.21-23

여러 대의 모바일 로봇에 의한 미지의 환경 맵핑

최용철, 최호준, 이준범, 홍석교
아주대학교 전자공학부

Mapping of Unknown Environment by Multiple Mobile Robot

Yong-Chul Choi, Ho-Joon Choi, Joon-Bum Lee, Suk-Kyo Hong
School of Electronics Engineering, Ajou University

Abstract - 본 논문에서는 여러 대의 모바일 로봇을 이용해 미지의 환경에 대한 맵핑을 보다 빠르고 효율적으로 행할 수 있는 방법을 제시한다. 각각의 모바일 로봇은 충돌 회피, 경로 설정 등의 기능 이외에 서버와의 통신 및 로봇간의 통신을 통해 맵핑에 관한 정보를 공유해 빠른 시간이내에 신뢰할만한 맵핑을 행할 수 있고 서버에서의 명령을 통해 부가적인 기능을 수행할 수 있다. 여러 대의 모바일 로봇을 이용한 맵핑에서 가장 중요한 것은 신뢰할만한 Navigation 이다. 이를 위해 엔코더와 ONS(Optical Navigation System)을 이용해 정확한 Localization을 행하였으며, 초음파 센서를 이용해 장애물의 위치 및 거리를 파악해 미지의 영역에 대한 맵핑을 수행하였다. 제안된 방법의 검증을 위해 시뮬레이션을 행하였다.

1. 서 론

지금까지 미지의 환경에 대한 맵핑은 주로 한 대의 모바일 로봇에 의해 행해져 왔다. 이러한 시스템에서는 모바일 로봇의 정확한 위치를 아는 것과 초음파 센서 등을 이용한 장애물과 로봇간의 정확한 위치를 파악하는 것이 가장 중요한 이슈가 되어 왔다. 이를 개선시키기 위한 여러 방법들이 논의되어 왔으며 다양한 알고리즘이 연구되어 왔다. 이러한 연구와는 별도로 최근에는 여러 대의 모바일 로봇을 이용한 맵핑이 연구되어 지고 있으며, 본 논문에서는 미지의 환경에서 여러 대의 모바일 로봇을 이용해 맵핑을 하기 위해 필요한 알고리즘과 방법에 대해서 연구하였다[1].

일반적으로 여러 대의 모바일 로봇을 이용할 경우, Localization 문제가 가장 중요한 문제로 제기된다[2]. 이러한 문제의 해결을 위해 레이저 센서 및 각종 관성 센서를 이용한 여러 방법이 연구되어져 왔으며 본 논문에서는 정확한 위치 정보를 얻기 위해 ONS(Optical Navigation System)을 이용하였다. ONS는 광학 센서를 이용해 이미지의 비교를 통해 이동거리와 방향을 측정할 수 있는 센서이다. 본 논문에서는 이 센서 시스템을 이용해 Localization 문제에 대한 에러를 줄이는 방법을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 시스템의 구성

일반적으로 미지의 환경이란 사전 정보가 없는 환경을 의미한다. 하지만 모바일 로봇에 의한 맵핑을 위해서는 실질적으로 어느 정도의 환경적 제약이 있어야 한다. 본 논문에서 사용된 모바일 로봇은 바퀴를 갖고 있기 때문에 지면이 지나치게 거칠다거나 미끄러운 경우에는 제대로 동작할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 미지의 환경을 보통의 굴곡이 심하지 않은 지면 상태의 환경이라고 가정하고 시스템을 구성하였다.

2.1.1 모바일 로봇

여러 대의 모바일 로봇을 이용해 맵핑을 하는 경우에 있어서 중요한 것은 각각의 모바일 로봇의 위치를 정확히 알아야 하는 것이다. 로봇의 위치 정보가 정확하지 않으면 협동 작업에 의한 맵핑에 대한 신뢰가 떨어지며 심한 경우 의미 없는 맵핑을 하게 된다. 따라서 이러한 정확한 위치를 알기 위한 여러 가지 방법들이 연구되고 있다[3],[4]. 기존의 일반적인 방법들은 엔코더 정보와 자이로 또는 컴파스 센서간의 퓨전을 이용해 정확한 위치를 찾기 위한 방법들이 연구되어 왔다. 하지만 이런 센서 퓨전은 그 방법이 복잡하고 정해진 방법론이 없기 때문에 주어진 성능 조건을 만족하는 퓨전 방법을 찾는 것은 상당히 어려운 작업이다[5],[6]. 이에 따라서 본 논문에서는 정확한 위치를 얻기 위해 ONS(Optical Navigation System)을 이용하였다. ONS은 초당 약 800번의 비율로 이미지를 촬영하고 이미지간의 변화를 통해 이동 거리와 방향을 알 수 있게 해주는 시스템이다. 하지만 Orientation을 정확히 측정하는 것은 어렵기 때문에 모바일 로봇의 앞 과 뒤쪽에 두개의 ONS를 설치해 두 시스템에서 나오는 정보를 바탕으로 방향을 결정하는 알고리즘을 사용하였다. 또한 위치 정보의 보정을 위해 Passive Encoder를 사용하였으며, 이 센서는 ONS 와 함께 신뢰할만한 위치 정보를 제공하는 데 사용된다.

위치 정보와는 별도로 장애물의 회피 및 경로 설정 등을 위해서는 거리를 측정하기 위한 센서가 필요한데, 이것은 모바일 로봇의 전방 및 측면에 설치된 5개의 초음파 센서에 의해 이루어진다. 아래의 사진은 모바일 로봇을 나타낸다.

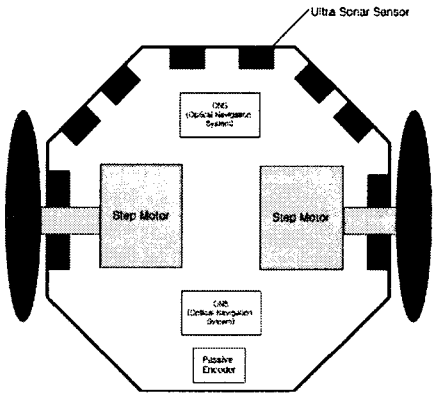

Figure 1. 모바일 로봇

2.2 주행 알고리즘

모바일 로봇에 의한 효율적인 맵핑을 위해서는 각각의 모바일 로봇이 주행에 대한 알고리즘을 가지고 있어야

한다. 주행에 필요한 알고리즘은 크게 다음과 같이 분류된다.

- 맵핑을 위한 알고리즘
- 장애물 회피를 위한 알고리즘
- 경로를 설정하기 위한 알고리즘

2.2.1 맵핑을 위한 알고리즘

효율적인 맵핑을 위해서 본 논문에서는 미지의 환경을 작은 셀들의 집합으로 생각하고 그 셀들을 빈 공간과 장애물로 인식해나가면서 맵핑을 하는 방식을 사용하였다. 또한 여러 대의 모바일 로봇이 같은 맵을 공유하는 방식을 택해서 모바일 로봇간의 맵 일치 문제를 해결하였다. 이를 위해 RF module을 통해 실시간으로 자신의 맵 정보를 전송하고 전체 맵에 그 정보를 표시한다. 또한 이 정보는 서버에 전송되어 디스플레이 되고 저장된다. 다음의 그림은 맵핑을 위한 가상의 영역을 나타낸다.

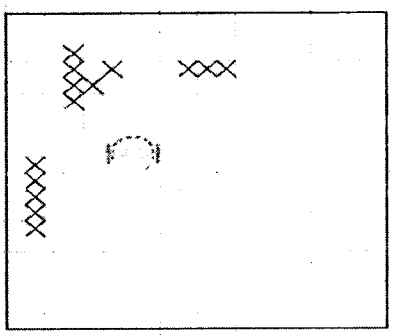

Figure 2. 맵핑을 위한 영역의 표시

위의 그림에서처럼 탐색이 끝난 후에는 각각의 셀들을 표시한다. 장애물 또는 벽이 나타난 경우(X자 표시로 나타난 영역) 메모리에 '1'의 값으로 저장하고 자유공간인 경우 '0'의 값으로 저장한다. 그리고 이 맵 정보를 서버의 글로벌 맵 정보와 일치시켜서 전체 맵 정보를 유지한다.

2.2.2 장애물 회피를 위한 알고리즘

모바일 로봇의 주행에 사용된 알고리즘은 직선 주행을 우선으로 하되 장애물이 나타나면 왼쪽을 따라 도는 알고리즘을 이용하였다. 실제로 효율적인 맵핑을 위해서는 맵핑을 처음 시작할 때 어떤 방향으로 어떤 방식으로 맵핑을 시작하는 가하는 것이 매우 중요하다[7]. 따라서 이러한 분야에 대한 다양한 연구와 알고리즘이 존재한다[8]. 하지만 본 논문에서는 이러한 알고리즘에 의한 효율을 높이는 것보다는 ONS(Optical Navigation System)을 이용한 신뢰성 있는 Localization과 그에 대한 알고리즘의 연구가 목적이기 때문에 이 부분에 대해서는 다음 연구 대상으로 삼도록 한다.

2.2.3 경로를 설정하기 위한 알고리즘

자신의 맵핑 정보 뿐 아니라 상대방 로봇에 의해 맵핑 정보가 전송되기 때문에 주어진 환경에 대한 맵핑은 한 대의 로봇에 의한 경우보다 빨리 그리고 효율적으로 이루어진다. 이러한 것이 가능하려면 상대방 로봇이 전송해주는 맵핑 정보를 단순히 저장만 하는 것이 아닌 그 정보를 바탕으로 경로를 설정하는 부가적인 알고리즘이 필요하다. 이러한 알고리즘이 있음으로써 미지의 영역에 대한 맵핑 시 중복 탐색을 피할 수 있고, 더 효율적인 맵핑을 행할 수 있게 된다. 또한 맵핑이 끝난 후에 특정 장소로 이동하기 위한 최단 경로 설정을 위해 효율적인 알고리즘이 요구된다.

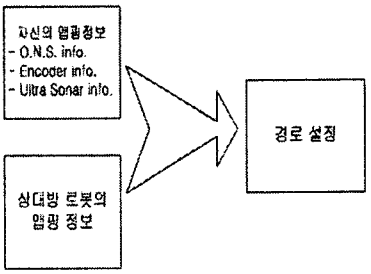

Figure 3. 경로 설정을 위한 알고리즘

2.3 시뮬레이션

여러 대의 모바일 로봇을 이용해 시스템을 구성하기에 앞서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 시스템을 구성해보고 테스트 해본다. 아래의 그림은 시스템의 전체 구성도를 나타낸다.

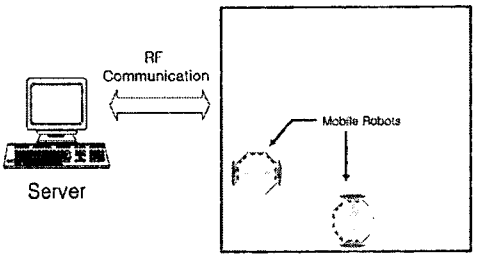

Figure 4. 시스템 구성도

2.3.1 환경설정

시뮬레이션의 환경은 시스템을 간단히 하기 위해 두 대의 모바일 로봇을 사방이 벽으로 둘러싸인 정방형의 공간에 위치시킨 후 맵핑을 하는 환경을 설정하고 시뮬레이션을 행하였다.

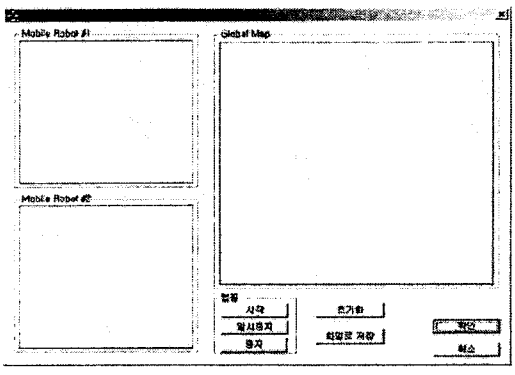

Figure 5. 시뮬레이터의 구성도

시뮬레이터에서 사용된 센서 정보는 ONS에 의한 좌표 값, 엔코더 센서 값, 초음파 센서 값 등이며, 이 정보를 바탕으로 시뮬레이터의 각 창에 현재 위치 및 상태를 보여준다. 전체 맵을 보여주는 창은 각각의 로봇에서 올라온 정보를 통합해서 보여주는 역할을 한다. 이외에도 각 센서 정보 및 맵 정보를 파일로 저장해 주는 버튼을 추가해 데이터 분석을 위해 사용하였다.

3. 결 론

본 논문에서는 여러 대의 모바일 로봇을 이용해 효율적이고 신뢰할만한 맵핑을 수행하기 위한 방법을 연구하였다. 기존에 일반적으로 사용된 센서이외에 Optical Navigation System을 이용해 이미지의 처리를 통한 거리 정보를 얻는 방법을 통해 신뢰할만한 맵핑을 수행하였으며 엔코더 및 초음파 센서를 이용해 그 기능을 보완하였다. 하지만 Optical Navigation System의 경우 바닥면과의 거리를 일정 간격 이내로 유지해야 하는 기구적인 문제점이 있어서 거친 바닥 면에 있어서는 문제가 발생할 것으로 보인다.

또한 Optical Navigation System의 경우, 방향에 대한 오차가 발생하며 이것은 Localization에 있어서 중요한 문제이다. 이를 개선하기 위해 로봇의 앞과 뒤쪽에 센서를 달아서 두 센서에서 나온 값을 이용해서 방향에 대한 오차를 개선하였다. 또한 엔코더 정보를 바탕으로 좀 더 신뢰할만한 위치 정보를 얻을 수 있었다.

시스템을 구성해 본 결과 Localization 문제의 해결을 위해 ONS가 충분히 사용될 수 있으며 비교적 정교한 값을 갖는다는 것을 알 수 있었다. 하지만 ONS 자체가 바닥면의 이미지를 빠르게 처리해서 그 이동거리와 방향을 측정하는 것이기 때문에 기존 센서에서 발생했던 오차가 누적되는 현상과 비슷한 결과를 낳았다. 이것의 보완을 위한 알고리즘과 센서 퓨전의 방법이 필요하다는 결론을 얻을 수 있었다.

전체 시스템간의 통신을 위해 RF module을 이용해 통신을 행했으며 실시간 보장 및 기능의 수행을 위해 운영체제를 포팅했다. 본 논문에서 사용된 로봇의 경우 기본적인 센서 정보만의 전송을 위해 RF module을 이용해 통신을 행했으나 앞으로 영상정보 또는 기타 멀티미디어 정보 전송을 위해 다음 연구에서는 무선 랜을 이용한 시스템의 구축을 고려하고 있다.

본 연구를 통해 실제 시스템을 구현해 본 결과를 바탕으로 앞으로는 각각의 모바일 로봇이 좀더 효율적으로 주행할 수 있는 알고리즘의 개발과 맵핑이 끝난 후, 특정 지역으로의 최단 시간 이동 및 부가 작업을 위한 알고리즘에 대해 연구할 예정이다.

[참 고 문 헌]

[1] Brian Yamauchi, Alan Schultz, and William Adams "Mobile Robot Exploration and Map-Building with Continuous Localization", Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Robotics & Automation, 3715-3720, 1998

[2] W. Burgard, D. Fox, M. Moors, R. Simmons and S. Thrun. "Collaborative Multi-Robot Exploration", In Proc. Intl. Conf. on Robotics and Automation, San Francisco CA, May 2000

[3] D. Fox, W. Burgard, H. Kruppa and S. Thrun. "Collaborative Multi-Robot Localization" In Proc. 23rd German Conf. on Artificial Intelligence. Springer-Verlag, 1999

[4] B. Yamauchi,"Frontier-Based Exploration using Multiple Robots." In Proc. Second Intl. Conf. on Autonomous Agents, Minneapolis MN, 1998

[5] T. Fukuda and S. Nakagawa. " A Dynamically Reconfigurable Robotic System (Concept of a System and Optimal Configurations)", In Int. Conf. on Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, 588- 95, 1987.

[6] Y. Ishida. " Functional Complement by Cooperation of Multiple Autonomous Robots", In IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 2476- 81, 1994.

[7] C. LePape. " A Combination of Centralized and Distributed Methods for Multi-Agent Planning and Scheduling", In IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 488- 93, 1990.

[8] D. MacKenzie, R. Arkin, and J. Cameron. " Multi-agent Mission Specification and Execution", Autonomous Robots, 4(1): 29- 52, 1997.